

**OPTICAL DEVICE**

Patent Number: JP2001042169  
 Publication date: 2001-02-16  
 Inventor(s): SATO HIROSHI; AOKI MASAHIRO; UOMI KAZUHISA  
 Applicant(s): HITACHI LTD  
 Requested Patent: JP2001042169  
 Application Number: JP19990212992 19990728  
 Priority Number(s):  
 IPC Classification: G02B6/42; H01S5/12  
 EC Classification:  
 Equivalents:

**Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To profitably produce an optical device having laser and an optical waveguide optically connected to the laser.

**SOLUTION:** The optical device has a semiconductor photo-element having a diffraction grating 105 in a part and emitting light of a wavelength  $\lambda$  and an optical transmission path 5 optically connected to the semiconductor photo-element. At least, a dielectric film 21 having a refractive index (n) and a thickness equal  $\lambda/(4n)$  is formed on an end face of the semiconductor photo-element opposite to the optical transmission path 5 and a resin having a refractive index  $n_i$  is filled between the optical transmission path 5 and the semiconductor photo-element. When the refractive index of the semiconductor photo-element is represented by  $n_s$ , the relation of  $n_i=(n/4n_s^2)$  is established among the refractive indexes  $n_i$ ,  $n_s$  and  $n$ . The low reflectance of the end face indispensable to stable action of distributed feedback type(DFB) laser or the like is retained. A change in characteristics of the DFB laser when the resin is filled is suppressed, a resin filled package is therefore possible in an optical module with loaded laser and the small-sized simple resin filled DFB laser optical module is obtained.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-42169

(P2001-42169A)

(43)公開日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マ-コ-ト\* (参考)

G 0 2 B 6/42

G 0 2 B 6/42

2 H 0 3 7

H 0 1 S 5/12

H 0 1 S 5/12

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平11-212992

(22)出願日

平成11年7月28日 (1999.7.28)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 佐藤 宏

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 青木 雅博

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外1名)

最終頁に続く

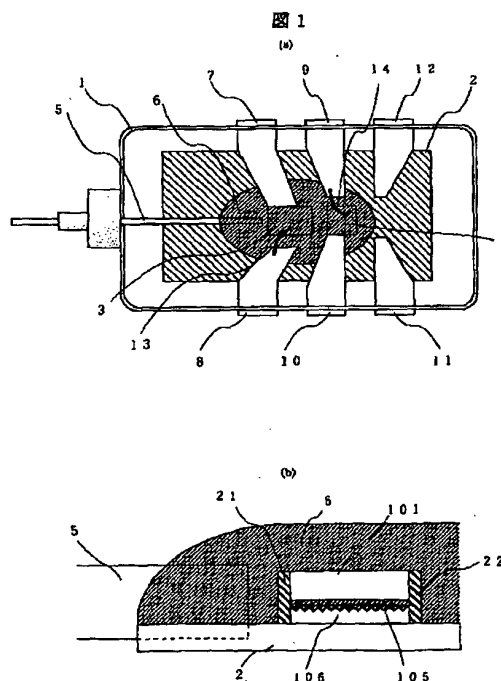
(54)【発明の名称】 光学装置

(57)【要約】

【目的】レーザとそれに光学的に結合される光導波路とをもつ光学装置を経済的に製造できる光学装置を提供する

【構成】一部に回折格子105を有し波長λの光を発する半導体光素子と、この半導体光素子に対向して光結合する光伝送路5とを有し、光伝送路5に向かい合う半導体光素子端面に屈折率がn、厚さがλ/(4n)である誘電体膜が少なくとも層21が形成され、光伝送路21と光素子の間に屈折率n<sub>i</sub>の樹脂が充填され、上記半導体光素子の屈折率をn<sub>s</sub>とする時、上記屈折率n<sub>i</sub>、n<sub>s</sub>、nの値の間にn<sub>i</sub> = (n<sup>4</sup>/n<sub>s</sub><sup>2</sup>)の関係をもたせる。

【効果】DFBレーザ等の安定動作に不可欠な端面の低反射率が保たれる。DFBレーザを樹脂充填した場合の特性変動を抑制できる。この結果、レーザを搭載した光モジュールにおいて、樹脂充填パッケージが可能となり、小型・簡易な樹脂充填型DFBレーザ光モジュールを実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】波長 $\lambda$ の光を出射する出射部をもつ半導体レーザと上記光を伝播する光導波路と少なくとも上記出射部及び上記光導波路の端部を固着する樹脂とをもつ光学装置であって、上記半導体レーザの光導波路と対向した端面に、屈折率が $n_1$ 、厚さが $\lambda/(4n_1)$ である誘電体膜が設けられ、上記樹脂の屈折率 $n_2$ を、上記半導体レーザの屈折率を $n_3$ としたとき、上記屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ の値の間に $n_1 = (n_2^4/n_3^2)$ の関係が成り立つように上記誘電体膜及び樹脂が設定されることを特徴とする光学装置。

【請求項2】上記半導体レーザは半導体レーザの光導波方向の少なくとも一部に屈折率又は利得が周期的に変化した回折格子が形成された半導体レーザであることを特徴とする請求項1記載の光学装置。

【請求項3】上記半導体レーザは半導体レーザの光導波方向の少なくとも一部に屈折率又は利得が周期的に変化した回折格子が形成され、上記回折格子の一部に回折格子の位相シフト領域が形成されて成ることを特徴とする請求項1記載の光学装置。

【請求項4】上記半導体レーザは光導波方向に厚さ又は幅が変化した導波路を有することを特徴とする請求項1、2又は3記載の光学装置。

【請求項5】上記樹脂の屈折率が1.38～1.43の範囲であり、半導体レーザの屈折率が3.1～3.4であり、上記誘電体膜の屈折率 $n$ が $1.9 \pm 0.2$ であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の光学装置。

【請求項6】請求項1ないし5のいずれかに記載された光学装置を含み、上記半導体レーザは実装基板上に装着され、上記半導体レーザ及び上記光導波路の上記半導体レーザとの結合部全体が上記樹脂によって覆われた部分がパッケージ容器に封止されていることを特徴とする光モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明は、光学装置、更に詳しくいえば、半導体レーザと光導波路を組み合わせ半導体レーザの光出射部を樹脂で封止する構造部をもつ光学装置、例えば光モジュールに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光通信サービスの普及に伴い、通信システムに用いる光伝送装置の小型化、低価格化が求められている。このため、光伝送装置に含まれる光モジュールに関して言えば、モジュールの構造と組立・実装工程を大幅に簡易化し、光モジュールを小型・低価格化する試みがなされている。

【0003】従来の光モジュールの実装工程では、モジュールに搭載した素子の腐食・劣化を防ぐため、モジュール内部の気密性を保つための強固な封止を実施している。しかし、この気密封止方式では、モジュールパッケージの材料が高価であること、封止工程が複雑であるこ

と等の理由により、モジュールの抜本的低価格化を図ることは困難である。これに対し、封止工程の抜本的簡素化のため、モジュール内の光素子を防水性樹脂で充填した簡易な構造を有するモジュール、樹脂封止光モジュールの開発が進みつつある。

【0004】樹脂封止方式では、実装基板上に所望の光素子を配置した後、素子周辺部に樹脂を充填し、パッケージを簡易封止する。このため、気密封止工程が不要であり、実装工程を大幅に簡易化することが出来る。樹脂封止技術の詳細は、例えば、1998年電子情報通信学会論部誌C-Ivol. J81-C-I No.5 pp.274-282等に記載されている。

【0005】送信用光モジュールについて言えば、これまで樹脂封止技術は、低速光伝送用モジュールに対して適用が検討されてきた。このため、モジュールに搭載される光源、半導体レーザはファブリーペロ (FP) 型が主であった。しかしながら、高速送信用光モジュールに対しても経済化を目的とした簡易実装化が要求されるつつあり、高速伝送用光モジュールへの樹脂封止技術適用が、モジュールの経済化に向けた重要な技術課題になっている。このため、高速伝送用光モジュールの送信光源である分布帰還型 (DFB: Distributed Feedback) レーザの樹脂封止技術の確立が必要不可欠となる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】光モジュールの製造工程は、一般に、(1) 素子単体の特性選別、(2) 実装基板への素子搭載、(3) 素子周辺部への樹脂充填、の順に進行する。光素子を樹脂で充填する場合、樹脂充填前後で光素子を覆う媒質の屈折率が変わるため、素子の端面反射率が変化する。レーザについて言えば、樹脂充填による端面反射率の変化により、特性が樹脂充填の前後で変化する。公知のように、DFBレーザの特性は、FPレーザに比べ、端面の反射率変化の影響を受け易く、電流-光出力特性及び発振スペクトルが端面反射率によって大きく変化する。

【0007】例えば、DFBレーザでは、通例、端面の反射率が1%以下程度となるよう、端面の低反射率化を行い、ファブリーペロ (FP) モードでの発振を抑制し、安定な単一縦モード発振を実現する。通例、低反射率化のために、化学的に安定な誘電体の薄膜がDFBレーザの端面に形成されることは公知であり、言うまでもない。

【0008】しかしながら、上記のように低反射率を実現する誘電体膜を形成した場合においても、樹脂充填の後に、端面の反射率が上昇することがありえる。これは、誘電体膜外部の媒質の屈折率が変化するためである。DFBレーザの端面の反射率が上昇した場合、上記のように、FPモードでの発振が起こり、DFBレーザの波長スペクトルはもはや単一モードではなくなり、DFBレーザ本来の持つ単色性の良い波長スペクトルは得

られない。このように、DFBレーザの素子特性が樹脂充填の後で大きく変化する場合、樹脂充填後に再度選別工程が必要になる。再選別の実施は、製造費用増大につながり、高速通信用DFBレーザモジュールの経済化に対し大きな障害となる。したがって、DFBレーザモジュールの構造簡易化において、樹脂充填モジュールの経済性を活かすためには、樹脂充填前後で特性変動を伴わない樹脂充填技術、即ち、樹脂充填の前後での端面反射率の変化を抑制する技術が必要不可欠となる。

【0009】従って、本発明の目的は、簡易実装樹脂封止モジュールが有する経済性の特徴を活かし、樹脂封止後もレーザの特性が変動しない光学装置、特に半導体レーザと光導波路を組み合わせた光学装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の光学装置は、波長 $\lambda$ の光を出射する出射部をもつ半導体レーザと上記光を伝播する光導波路と少なくとも上記出射部及び上記、光導波路の端部を固着する樹脂とをもつ光学装置であって、上記半導体レーザの光導波路と対向した端面に、屈折率が $n$ 、厚さが $\lambda$ 上記(4 $n$ )である誘電体膜が設けられ、上記樹脂の屈折率を $n_1$ 、上記半導体レーザの屈折率を $n_s$ としたとき、上記の屈折率 $n_1$ 、 $n_s$ 、 $n$ の値の間に $n_1 = (n^4/n_s^2)$ の関係がもつように、上記誘電体膜及び樹脂が設定される。

【0011】本発明の好ましい実施形態では、上記半導体レーザが、分布帰還型(DFB: Distributed Feedback)レーザ、すなわち、半導体レーザの光導波方向の少なくとも一部に屈折率又は利得が周期的に変化した回折格子が形成されたレーザであり、実装基板上に上記半導体レーザが装着され、上記実装基板、上記半導体レーザ及び光導波路の端部が上記樹脂で樹脂封止まるされた光モジュールとして構成される。また、半導体レーザの屈折率は通常3.1ないし3.4であり、樹脂として1.38ないし1.43のものを使用する。従って、前述の関係より誘電体膜としては屈折率 $1.9 \pm 0.2$ のものが採用される。

【0012】本発明によれば、誘電体の屈折率を $n$ として、半導体レーザの発振波長 $\lambda$ に対して $\lambda/(4n)$ の厚さとなる誘電体膜を少なくとも一層、端面に形成した構成のDFBレーザが存在し、レーザを覆う樹脂の屈折率 $n_1$ 、半導体の屈折率 $n_s$ の間に $n_1 = (n^4/n_s^2)$ の関係があるので、半導体レーザモジュールの作製工程、即ち、空气中で素子を選別する工程の端面反射率と樹脂充填後の端面反射率が変化しない。これは、樹脂充填の前後においてDFBレーザの特性、特に、発振波長のスペクトルが変化せず、同一の素子特性が得られるので、樹脂充填後にスペクトル等の特性を再度判定する必要はない。また、製造歩留止が著しく向上する。従って製造工程の短縮、製造歩留止によって、

製品コストを低減できる。

【0013】

【発明の実施の形態】<実施例1>本発明の光学装置を波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯の分布帰還型半導体レーザを搭載した光モジュールに適用した実施例について図1を用いて説明する。

【0014】図1(a)及び(b)は、それぞれ本発明による光学装置の一実施例である光モジュールの要部平面図及び部分拡大側面図を示す。図1に示すように、光モジュールのパッケージ容器1の中にシリコン(Si)からなる実装基板2が配置され、実装基板2上には均一な周期の回折格子を有する分布帰還型半導体レーザ(DFB: Distributed Feedback)3、光出力監視用受光素子4、光ファイバ5が配置されている。DFBレーザ3、受光素子4、光ファイバ5は、シリコン系樹脂6で充填される。尚、DFBレーザ3は公知の埋め込み型レーザ、リッジ導波路型レーザいずれでもよい。実装基板2には、DFBレーザ3及び受光素子4に電源を供給するための電極版7~12が設けられている。電極8及び電極9はそれぞれレーザ陰極用ワイヤ13及び受光素子用ワイヤを介してDFBレーザ3及び受光素子4に接続されている。

【0015】図2は、DFBレーザ3単体の詳細な構造を部分欠き斜視図(a)及び断面図(b)で示したものである。DFBレーザ3は、 $n$ 型InP101を基板とし、InGaAsP系の材料系からなる $n$ 型光閉じ込め層102、歪多重量子井戸活性層103、 $p$ 型光閉じ込め層104の上部にInGaAsP系の材料で構成された回折格子層105を有する。活性層103及び回折格子層105の構造は、室温(25℃)でのDFBレーザ3の発振波長が $1300\text{nm}$ となるよう形成した。

【0016】回折格子層105の極性は $n$ 型、 $p$ 型いずれでもよい。 $p$ 型の場合には、DFBレーザ3は、光の伝播方向に屈折率のみが周期的にする屈折率結合型となる。また、 $n$ 型の回折格子では、公知のように回折格子が周期的な電流阻止層として機能するために、屈折率のみならず、活性層内の利得に周期的変化が生じ、利得結合型DFBレーザとなる。

【0017】回折格子105を干渉露光法とそれにつづくエッチングにより形成した後、 $p$ 型InPクラッド層106、 $p$ 型InGaAs層107を形成した。InP基板101、活性層103、回折格子層105、InPクラッド層106が光の導波に望ましい屈折率分布を有し、活性層103、回折格子層105が光導波路層となることは言うまでもない。また、 $p$ 型InGaAs層107は、電極形成時に良好なオーミック接続を得るために形成した。上述の結晶成長工程には、有機金属気相成長(MOVPE: Metalorganic Vapor Phase Epitaxy)法を用いた。

【0018】上記結晶成長工程に引き続き、公知のウエ

ットエッチングを用いたメサストライプ形成工程と、MOVPE法による埋め込み再成長プロセスにより、Feをドーブした高抵抗InP108による埋め込み構造を形成した。これに引き続き、ウエハ表面を酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)109により絶縁化処理した後、p側電極110、n側電極111を形成し、レーザ構造を形成した。

【0019】図1(b)及び図2に示したDFBレーザでは、公知のように、ファブリーペロ(FP: Fabry-Pérot)モード発振を抑圧し、単一縦モード発振を得るため、片側の端面に反射率1%以下程度の低反射率膜、他方の端面には、反射率90%程度の高反射率膜を形成する。本実施例では、光ファイバ5と対向するDFBレーザ3の端面(以下、前端面と略記)には、低反射率を実現するための誘電体膜として、厚さ164.9nmの窒化珪素(SiNx)からなる屈折率1.97の端面膜21を形成した。このとき、上記誘電体SiNxの膜厚さは、誘電体の屈折率をnとして、DFBレーザの発振波長λに対してλ/(4n)の厚さとなっている。

【0020】この結果、DFBレーザの前端面の反射率は、素子特性を判定・選別する雰囲気である空気中において0.65%となり、FPモードの発振は十分に抑圧される。DFBレーザの単一縦モード(以下、DFBモードと略記)に対するFPモードの抑圧比は、45dB以上となった。尚、窒化珪素の組成は必ずしも化学両論的組成(Si:N=3:4)である必要はないため、以下SiNxと記す。また、ファイバ5と対向しない他方の端面(以下、後端面と略記)には、厚さ116nmの非晶質Siと厚さ224nmのSiO<sub>2</sub>を一对とする反射膜を3対からなる高反射率膜22形成した。これら端面膜21、22の形成方法には、従来知られている手法、スパッタリングを用いた。前端面21のSiNx膜と半導体との密着性を上げるために、SiNx膜と半導体の間に10nm程度のSiO<sub>2</sub>膜(図に記載なし)を形成してもよい。10nm程度の厚さのSiO<sub>2</sub>が形成された場合の端面反射率の変化は、素子特性にほとんど影響を及ぼさない。上記端面膜を形成した場合、DFBレーザを構成する半導体の屈折率が3.3であるので、レーザを覆う媒質が空気(屈折率=1)である時、DFBレーザ前端面の反射率は、0.65%、後端面反射率は96%となる。

【0021】上記端面膜を形成したDFBレーザ3をp側電極が実装基板2に接合するように固定した後、DFBレーザ3と光ファイバ5の周囲に屈折率1.38のシリコン系樹脂6を充填した。このとき、DFBレーザ3の前端面の反射率は、空気中での場合と同じく0.65%となる。この結果、上記樹脂6を充填した後も、FPモードの発振を十分に抑圧でき、その抑圧比はDFBモードに対して45dB以上を実現できる。

【0022】上述のように、樹脂充填後のFPモード発生を十分に抑圧することで、樹脂充填DFBレーザモジ

ュールが発生する光パルス信号の波形は、公知のシングルモード光ファイバを通して40キロメートル以上伝送した後も、受信装置において明瞭に識別し得る。また、その光パルスの発生は毎秒数百メガビットから数ギガビットまで高速化できる。

【0023】本実施例では、誘電体の屈折率をnとして、DFBレーザの発振波長λに対してλ/(4n)の厚さとなる誘電体膜を少なくとも一層、端面に形成した構成のDFBレーザが存在し、レーザを覆う樹脂の屈折率n<sub>i</sub>、半導体の屈折率n<sub>s</sub>の間にn<sub>i</sub>=(n<sup>4</sup>/n<sub>s</sub><sup>2</sup>)なる関係が成り立つ構成となっている。上記関係が成立する場合、DFBレーザモジュールの作製工程、即ち、空気中で素子を選別する工程の端面反射率と樹脂充填後の端面反射率が変化しない。これは、樹脂充填の前後においてDFBレーザの特性、特に、発振波長のスペクトルが変化せず、同一の素子特性が得られることを意味する。したがって、樹脂充填後にスペクトル等の特性を再度判定する必要はない。

【0024】ここで、図3を用いて本発明の効果を説明する。同図において、縦軸は端面の反射率(%)、横軸は樹脂の屈折率n<sub>i</sub>を表す。上記実施例において、DFBレーザ半導体レーザの発生する光の波長を1.3μm、半導体InPの屈折率3.3、端面21の誘電体膜を屈折率n=1.97、厚さ1650Å(光の波長λに対してλ/(4n))とて、端面21反射率を1%以下とする。このような半導体レーザに、樹脂の屈折率n<sub>i</sub>が前述の関係n<sub>i</sub>=(n<sup>4</sup>/n<sub>s</sub><sup>2</sup>)なる関係が成り立つ1.395を持つ樹脂を用いた場合、図3のBに示すように、樹脂充填時に、反射率は樹脂充填前と殆ど変わらない。一方、関係n<sub>i</sub>=(n<sup>4</sup>/n<sub>s</sub><sup>2</sup>)が成り立たない例として、仮に、n=1.7である誘電体、酸化アルミニウム(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)膜を用い、シリコン樹脂にて充填した場合は、空気中での反射率は0.4%であり低反射率膜として十分な値である。しかし、図3のCに示すように、前述の酸化アルミニウム膜をシリコン樹脂で充填した場合、端面反射率は5.2%となり、FPモードの発振を十分に抑圧することはできない。

【0025】<実施例2>本発明の光学装置を波長1.3μm帯の位相シフト型DFBレーザを搭載した光モジュールに適用した第二の実施例について図4を用いて説明する。

【0026】図4は、光モジュールに内のλ/4位相シフトDFBレーザと光ファイバ5の光結合部分を拡大した断面図である。光モジュール全体の構成は、レーザがλ/4位相シフトDFBレーザに変更された以外、図1の光モジュールと同じである。また、素子の層構造及び断面構造も図2と同様であるため説明を省略する。

レーザは第一の実施例と同様、InP41を基板とし、InGaAsP系の材料系からなる活性層42と、λ/4位相シフト部分43を有する回折格子層44を有

する。活性層42及び回折格子層44は、DFBレーザの発振波長が室温で1300nmとなるよう形成した。これら活性層42、回折格子層44の構造及び形成方法は公知であるので、詳細な説明は省略する。

【0027】 $\lambda/4$ 位相シフトDFBレーザでは、素子の両端面での光の反射を抑圧する必要がある、端面反射率を1%程度以下にしなければならない。通例では、公知の通り、端面に誘電体膜を形成し、低反射率を実現している。本実施例では、光ファイバ5と対向するDFBレーザの端面（以下、前端面と略記）、及びファイバ5と対向しない他方の端面（以下、後端面と略記）両方に低反射率を実現するための誘電体膜として、厚さ164.9nm窒化珪素（SiNx）からなる屈折率1.97の端面膜45、46を形成した。これら端面膜の形成方法には、公知の手法スパッタリングを用いた。これら端面のSiNx膜と半導体との密着性を上げるために、SiNxと半導体の間に10nm程度のSiO<sub>2</sub>膜を形成してもよい。10nm程度の厚さのSiO<sub>2</sub>が形成された場合の端面反射率の変化は、素子特性にほとんど影響を及ぼさない。上記端面膜を形成した場合、DFBレーザを構成する半導体の屈折率が3.3であるので、レーザを覆う媒質が空気（屈折率=1）である時、DFBレーザ端面の反射率は、第一の実施例で述べた通り0.65%となる。

【0028】上記端面膜45を形成した $\lambda/4$ 位相シフトDFBレーザを実装基板2の上に固定した後、レーザと光ファイバ5の周囲に第一の実施例と同様、屈折率1.38のシリコン系樹脂6を充填した。既に述べたように、レーザの前・後端面反射率は樹脂6充填の後も変化せず0.65%となる。本実施例においても、第一の実施例と同様、DFBレーザ前端面に形成する誘電体45の屈折率を $n$ として、DFBレーザの発振波長 $\lambda$ に対して $\lambda/(4n)$ の厚さとなり、樹脂6の屈折率 $n_i$ 、半導体の屈折率 $n_s$ の間に $n_i = (n^4/n_s^2)$ なる関係が成り立つ構成としている。したがって、樹脂6充填の前後で、DFBモードと他のモードとの抑圧比は40dB以上を保持している。

【0029】第一の実施例と同様、本発明を $\lambda/4$ シフト型DFBレーザに適用し、それを搭載した樹脂充填DFBレーザモジュールが発生した光パルス信号の波形は、公知のシングルモード光ファイバを通して40キロメートル伝送した後も、受信装置において明瞭に識別し得る。また、毎秒数百メガビットから数ギガビットまでその光パルスの発生速度を高速化することも可能である。

【0030】＜実施例3＞本発明の光学装置を波長1.3 $\mu$ m帯のビームスポット拡大器集積DFBレーザを搭載した光モジュールに適用した第三の実施例について図5を用いて説明する。

【0031】図5は、本発明を適用したビームスポット

拡大器集積DFBレーザと光ファイバ5の光結合部分を拡大した断面図を示す。レーザは、InP61を基板とし、InGaAsP系の材料系からなる活性層62と、光導波路層の厚さが連続的に変化するビームスポット拡大器63を有し、さらに回折格子層64を少なくとも有する。活性層62及び回折格子層64は、DFBレーザの発振波長が室温で1300nmとなるよう形成した。これら活性層62、回折格子層64の構造及び形成方法は公知の手法に準じて形成しているため、詳細な説明は省略する。

【0032】また、本実施例では、光導波路層の厚さが連続的に変化するビームスポット拡大器63を集積したレーザを用いたが、公知のように、ビームスポット拡大器の形状は、光導波路幅が変化するものでもよい。

【0033】第一の実施例で述べたように、ファブリーペロモード発振を抑圧するため、片側の端面に適切な厚さと屈折率を有する誘電体膜65を形成し、反射率1%以下程度の低反射率を実現する。他方の端面には、反射率90%程度の高反射率膜66を形成する。本実施例では、光ファイバ5と対向するDFBレーザの端面（以下、前端面と略記）には、低反射率実現のための誘電体膜として厚さ164.9nm窒化珪素（SiNx）からなる屈折率1.97の端面膜65を形成した。また、ファイバと対向しない他方の端面（以下、後端面と略記）には、厚さ116nmの非晶質Siと厚さ224nmのSiO<sub>2</sub>を一对とする反射膜を3対からなる高反射率膜66を形成した。

【0034】端面膜65、66の形成方法は、公知の手法スパッタリングを用いた。前端面のSiNx膜65と半導体との密着性を上げるために、SiNxと半導体の間に10nm程度のSiO<sub>2</sub>膜を形成してもよい（SiO<sub>2</sub>を形成した場合の図面は記載なし）。10nm程度の厚さのSiO<sub>2</sub>が形成された場合の端面反射率の変化は、素子特性にほとんど影響を及ぼさない。端面膜65を形成した場合、DFBレーザを構成する半導体の屈折率が3.3であるので、レーザを覆う媒質が空気（屈折率=1）である時、DFBレーザ前端面の反射率は、0.65%、後端面反射率は96%となる。通例、素子特性を判定・選別する雰囲気である空気中での前端面の反射率は0.65%となり、FPモードの発振は十分に抑圧される。

【0035】端面膜65、66を形成したDFBレーザが実装基板2の上に固定された後、DFBレーザと光ファイバのレーザに対抗する先端の周囲に屈折率1.38のシリコン系樹脂6を充填した。このとき、DFBレーザの前端面反射率は、後端面反射率は0.65%となる。

【0036】この結果、第一の実施例と同様、DFBモードに対するFPモードの抑圧比は45dB以上となった。樹脂6充填後のFPモード発生を十分に抑圧したた

め、公知のシングルモード光ファイバを通して40キロメートル以上伝送した後も、樹脂6充填DFBレーザモジュールが発生する光パルス信号の波形は、受信装置において明瞭に識別しうる。また、光パルスの発生は毎秒数百メガビットから数ギガビットまで高速化できることは、第一の実施例と同様である。

【0037】さらに、第三の実施例では、ビームスポット拡大器63を集積しているため、第一の実施例に比べて、公知の通り、光ファイバへの光結合効率が改善される。この結果、光ファイバへの光の入射量が増大し、より長い距離への光信号の伝送が可能となる。第三の実施例の場合、第一の実施例に比べ、倍の80キロメートルの伝送も可能である。

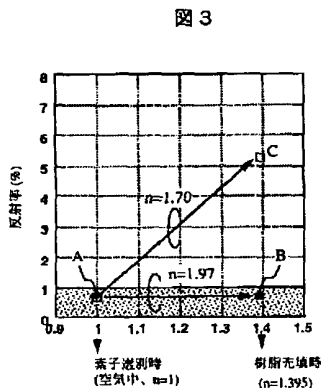
【0038】本実施例においても、DFBレーザ前端面に形成した誘電体膜の屈折率 $n$ 、樹脂の屈折率 $n_i$ 、半導体の屈折率 $n_s$ の間に $n_i = (n^4 / n_s^2)$ なる関係が成り立つ。このため、樹脂充填後も端面反射率を低く保つことができ、高速光伝送に不可欠な単一縦モードスペクトルを保持することができる。

【0039】以上、本発明の実施例として光モジュールについて説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではない。レーザの光出射部の端面と光導波との間に樹脂を充填する構造部をもつ光学装置に適用できるものである。

【0040】

【発明の効果】本発明により、高速光伝送が可能なDFBレーザを搭載し、かつ、簡易な構造を有する樹脂充填光モジュールを実現できる。本発明では、DFBレーザの安定動作に不可欠な低反射率が樹脂充填の前後で不変あるいは反射率の変動量が不変とみなせる程度に抑制された樹脂充填技術の提供する。

【図3】



【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光学装置の一実施例の光モジュールの平面図及びその部分拡大側面である。

【図2】図1の実施例の斜視図及び部分断面図である。

【図3】本発明の効果の説明するための図である。

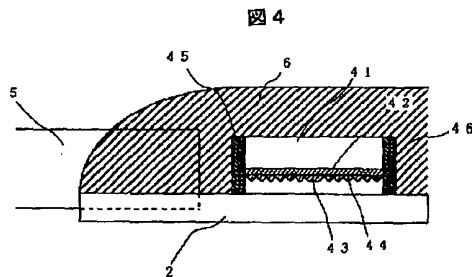
【図4】本発明による光学装置の第2の実施例の光モジュールの部分拡大側面である。

【図5】本発明による光学装置の第2の実施例の光モジュールの部分拡大側面である。

【符号の説明】

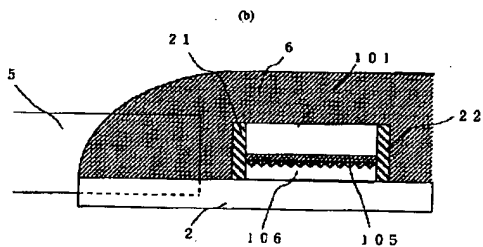
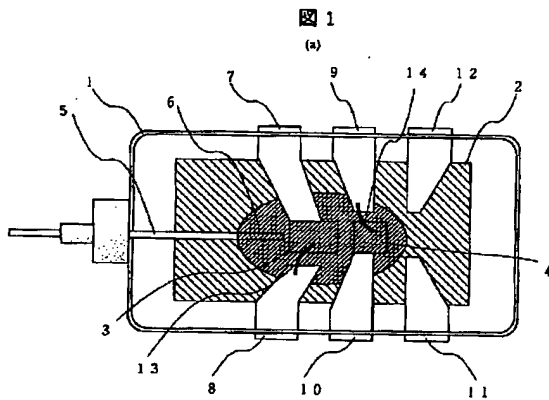
1…モジュールパッケージ、2…実装基板、3…DFBレーザ、4…受光素子、5…光ファイバ、6…樹脂、7…レーザ用陽極電極、8…レーザ用陰極電極、9…受光素子用陽極電極、10…受光素子用陰極電極、11…予備電極、12…予備電極、13…レーザ陰極用ワイヤ、14…受光素子陽極用ワイヤ、21…低反射率膜、22…高反射率膜、41…InP半導体基板、42…活性層、43…位相シフト領域、44…回折格子層、45…InPクラッド層、46…低反射率膜、47…高反射率膜、61…InP半導体基板、62…活性層、63…ビームスポット拡大器、64…回折格子層、65…InPクラッド層、66…低反射率膜、67…高反射率膜、101…n-InP半導体基板、102…n型InGaAsP光閉じ込め層、103…歪多重量子井戸活性層、104…p型InGaAsP光閉じ込め層、105…回折格子層、106…p型InPクラッド層、107…p型InGaAs層、108…高抵抗InP埋め込み層、109…表面絶縁膜、110…p側電極、111…n側電極。

【図4】

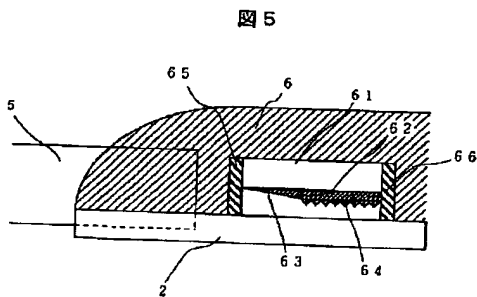




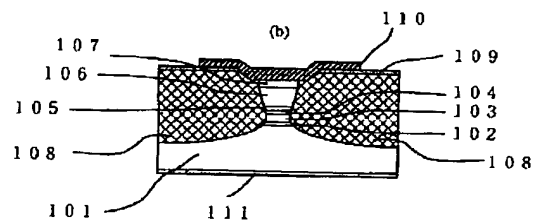
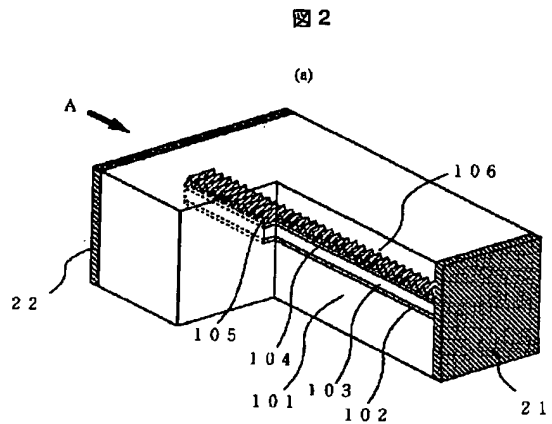
【図1】



【図5】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 魚見 和久  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 2H037 BA02 DA03 DA04 DA17 DA36  
5F073 AA11 AA64 AA83 AA89 AB15  
AB28 BA01 CA12 CB02 CB11  
DA04 DA22 EA15 EA18 FA02  
FA07 FA21 FA27 FA29

